

主論文の要約

論文題目 : Improvement of fertilizer management for enhancing rice productivity in Cambodia

(カンボジアにおける水稻生産性向上のための施肥設計の改善)

氏名 : KONG Kea (コン キア)

カンボジアにおいてイネは基幹作物であり、農村人口が大多数を占める同国において、コメに関わる産業は経済的な重要性が高い。稲作および関連産業の振興による農村開発、輸出産業の強化は、カンボジアの持続的経済発展に向けて極めて重要である。

カンボジアで稲作が行なわれている地域の土壌は 11 に分類されるが、大きく分けると、①Prateah Lang および Prey Khmer と呼ばれる砂質土壌タイプ、②Toul Samroung、Koktrap、Bakan、Labanseak、Krakor と呼ばれる粘土質土壌タイプ、③Kampong Siem、Kien Svay、Khhbal Po、Krakor と呼ばれる沖積土壌タイプに仕分けることができる。カンボジア農業開発研究所 (CARDI) が 30 年前に、土壌タイプ別に稲作の施肥指針を策定した経緯がある。しかし、近年の東南アジア周辺諸国の水稻への施肥レベル、あるいは現在の一般農家の慣行をみると、かつて策定された施肥量は実情に合っていないことが危惧されるに至った。そこで、カンボジア農業省農業総局は 2013 年より施肥指針の見直しに向けた取り組みを行なってきた。

まず、2013、2014 年の雨季に、カンボジアにおけるイネ作付面積の約 50% を占める砂質土壌タイプの Prateah Lang が広く分布し、稲作の中心地域の 1 つでベトナムと国境を接するタケオ Takeo 州で、近接する農家圃場において、雨季作の主要品種である Phka Rumduol を供試して天水田での移植栽培試験を行なった。5 カ所の水田で、主要 3 要素のうちリン酸とカリウム肥料の施肥バランスが異なる別々のリン酸・カリウム処理(水田ごとに別々のリン酸 : 30 ~ 60 kg P₂O₅/ha・カリウム施用量 : 15 ~ 45 kg K₂O/ha) を設定し、そこに窒素の施肥量が異なる 5 窒素処理 (30 ~ 120 kg N/ha)、および無施肥の加えた合計 30 試験区を設けて、収量、収量構成要素の変化および施肥コストを考慮した収益性などを比較した。その結果、リン酸施用量を 30 kg P₂O₅/ha、カリウム施用量を 15 kg K₂O/ha とし、窒素 60 kg N/ha を分施することで、無施

肥との比較からみた増収による収益の向上、増益／施肥コスト割合が最大となった。この施肥量による施肥コストは 97.8 US\$/ha であり、全施肥試験区（78.7～210.2 US\$/ha）の中では 2 番目に低い区であった。従って、単なる収量で判断するのではなく、施肥コストを踏まえた効率的な生産を行ない得る各要素の施用量とバランスを考慮した施肥指針の検討が必要であると考えられた。また、施肥量の変化が増収をもたらした要因を重回帰分析により解析したところ、穂数の変化において標準化偏回帰係数が最大で、増収への寄与が大きいことが明らかになった。これは、本供試品種が本来穂重型の品種であり、1 穂粒数が比較的多い品種であることから、1 ないし 2 本といった少数であっても穂数が増加することが、1 穂粒数や単位面積当たりの粒数の増加に大きく貢献し、増収になったことと理解された。なお、天水条件で降雨の少ない年度には施肥の効果が現れ難いという結果も示された。

次に、2016 の雨季に、土壌条件が異なる 4 地域、Battambang (BTB) 州 [Toul Samroung : タイプ①粘土質土壌]、Kampong Thom (KPT) 州 [Toul Samroung : タイプ①粘土質土壌]、Pursat (PST) 州 [Prateah Lang : タイプ①砂質土壌]、Siem Reap (SRP) 州 [Prey Khmer : タイプ①砂質土壌] の農家圃場において、近年の調査から得た農家の慣行施肥量を基準とし、窒素、リン酸、カリウム施肥量が異なる 6 処理（施肥コスト：33.5～107.9 US\$/ha）と無施肥の合計 7 試験区を設け、それぞれの州で天水条件での移植栽培試験を行なった。各地域の土壌自然肥沃度はそれぞれの土壌の特徴を反映して大きく異なり、砂質土壌では陽イオン交換容量が低かった。無施肥での収量は粘土質の KPT で高く、次いで BTB、砂質土壌の PST と SRP では同様に低かった。施肥による増益／施肥コスト割合は PST で大きく、4 州の中で唯一有意な試験区間差がみられ、他の 3 州では一定の傾向はなかった。このことから、ほとんどの試験地において、増益は施肥コストに対する効率の違いではなく、増収に基づくものであることが示された。施肥レベルの違いによる増収、増益には KPT、PST、SRP で有意差が認められ、何も農家の慣行に窒素 25 kg N/ha、カリウム 20 kg K₂O/ha を増施、特に窒素の追肥を分けつ盛期、幼穂形成期に分けて施用することの効果が高いことが明らかになった。

2017 年の雨季には、前年と同じ 4 試験地において、CARDI が土壌タイプ別に策定した施肥指針をベースとして、それぞれの推奨施肥レベルに異なる窒素・リン酸・カリウムを増施した 6 処理区（施肥コスト：52.7～107.9 US\$/ha）と無施肥の合計 7 区を設けて天水栽培試験を行なった。その結果、BTB を除

く 3 試験地で施肥レベルの違いによる増収、増益に有意差がみられ、増益／施肥コスト割合の変化と合わせて検討すると、KPT と SRP では CARDI 指針に窒素 10 kg N/ha、カリウム 15 kg K₂O/ha の増施が、PST では窒素 10 kgN/ha、リン酸 20 kg P₂O₅/ha の増施が効果的であることが示された。BTB については、元々自然肥沃度がカンボジア土壤の中では比較的高い地域であり、両年とも増益に有意差な試験区間差がみられなかったものの、他地域と同じように一定量の窒素とカリウム、あるいはリン酸を加えた試験区で増益する傾向がみられた。増収となった要因については、各試験区別にみると、主たる形質は異なるが、試験区間の差も含めて検討すると、収量構成要素の中では登熟歩合の変化が、増収に対する標準化偏回帰係数が大きく、増収の違いに対する寄与が高かったと理解された。また、出穂期の草丈の差異が 2016 年には KPT、PST、SRP で、2017 年には PST で増収と正の関係にあったところから、当該年度のこれらの試験地では栄養成長期に茎葉に蓄積された炭水化物の穂への転流が、登熟歩合の差に反映していたものと推察された。

2016 年と 2017 年の乾季には、前出の 4 州において、PST では砂質土壤だけでなく粘土質土壤 (Bakan、Krakor) の地区も含め、乾季向き品種 Chul'sa を供試し、灌漑水田で散播栽培試験を行なった。施肥は、無施肥の他、農家慣行あるいは CARDI 指針に対して各要素を増施した区 (施肥コスト : 77~244 US\$/ha) を設けた。2 年間の試験を通し、乾季で増収、増益となる施肥レベルは窒素では雨季よりも高く、40 kg N/ha 程度が望まれるという結果が示された。散播栽培であるために、播種密度の疎密などが生じやすいことから、移植栽培のように 1 株穂数の変化による影響を考察することは難しいが、当該年度では増収に対して 1 穂粒数の変化の影響が大きいことが窺われた。

以上のように、本研究を通じて、四半世紀を超えて稲作施肥指針を更新するために基本となる試験成果を示すことができた。6 作期に渡る圃場試験の結果から、土壤タイプによって施肥効果は異なるものの、雨季作では粘土質土壤の場合、従来指針に窒素 20 kg N/ha、リン酸 15 kg P₂O₅/ha、カリウム 20 kg K₂O/ha 程度の増施が効率的な増収、増益に有効であると考えられ、窒素については、複数回に分ける分施技術の採用が効果的であることが示唆された。また、特筆すべき点としては、これまでの指針では粘土質土壤ではカリウムの施用が含まれていなかったが、20 kg K₂O/ha 程度の施用を検討するべきことの重要性を示し得た。